

## Προσρόφηση Χρωστικών σε Διάφορα Προσροφητικά Υλικά Χαμηλού Κόστους

Οδυσσέας Ν. Κουσιδάς

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Καραολή & Δημητρίου 80, Τ.Κ. 18534, Πειραιάς, e-mail: [odykopsi@yahoo.gr](mailto:odykopsi@yahoo.gr)

### Περίληψη

Η λειτουργία της προσρόφησης είναι ευρύτατα διαδεδομένη στη βιομηχανία. Μετά την διαδικασία της προσρόφησης το προσροφητικό μέσο είναι δυνατόν να πεταχτεί ύστερα από μια χρήση. Πρακτικά, όμως, τα οικονομικά της διαδικασίας κάνουν απαραίτητη την αναγέννηση του προσροφητικού μέσου με απώτερο σκοπό την επαναχρησιμοποίησή του. Στη βιομηχανία, ως προσροφητικό μέσο χρησιμοποιείται κατά κανόνα ο ενεργός άνθρακας ο οποίος μπορεί να αναγεννηθεί είτε χημικά είτε θερμικά. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούνται διάφορα ανταγωνιστικού κόστους προσροφητικά μέσα, τα οποία αποτελούν απορριπτόμενα παραπροϊόντα βιομάζας. Ως προσροφούμενη ουσία χρησιμοποιήθηκε η χρωστική κυανό του μεθυλενίου (Methylene Blue). Σύμφωνα με τα διαγράμματα των πειραμάτων επιβεβαιώνεται η ισχύς της εξίσωσης του Freundlich για αραιά διαλύματα με μικρές συγκεντρώσεις. Παράλληλα, από τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των αραιών διαλυμάτων, που παρατίθενται παραπάνω, παρατηρούμε: Για το γράφημα 1 που αφορά τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε παρατηρούμε ότι η capacity KF έχει μεγαλύτερη τιμή για τον αλεσμένο φελλό ενώ τη μικρότερη για στάχτη ελιάς. Επίσης, για το γράφημα 2 που αφορά τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε παρατηρούμε το  $n$  της ισόθερμης Freundlich έχει μέγιστο για στάχτη ελιάς, ενώ ελάχιστο έχει για δυο υλικά άχυρο φακής και φελλό αλεσμένο.

### Εισαγωγή

Όταν ένα διάλυμα έρχεται σε επαφή με ένα στερεό προσροφητικό μέσο, μόρια της προσροφούμενης ουσίας μεταφέρονται από το υγρό στο στερεό, μέχρι που η συγκέντρωση της προσροφούμενης ουσίας στο διάλυμα να έρθει σε ισορροπία την προσροφούμενη ουσία στο στερεό. Η στοιχειώδης ισορροπία, σε μια δοσμένη θερμοκρασία, συνήθως αντιπροσωπεύεται από μια ισόθερμη προσρόφηση η οποία είναι η σχέση ανάμεσα στην προσροφούμενη ποσότητα ανά μονάδα μάζας στερεού και στην συγκέντρωση του προσροφητικού μέσου στο διάλυμα. Επειδή δεν έχει βρεθεί μέχρι τώρα μια εξίσωση για την περιγραφή όλων των μηχανισμών και των σχημάτων της ισόθερμης προσρόφησης, έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα περιγραφής του φαινομένου τα οποία αναφορικά είναι τα εξής: Η ισόθερμη του Langmuir για την προσρόφηση ενός προσροφητικού μέσου από υγρό διάλυμα. Η εξίσωση των Brunauer-Emmett-Teller (BET) που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαστρωματική προσρόφηση. Η εμπειρική εξίσωση του Freundlich για τα αραιά διαλύματα με μικρές συγκεντρώσεις. Συνήθως περιγράφει την προσρόφηση ξένων σωμάτων σε υγρό διάλυμα από ενεργό άνθρακα.

Για αραιά διαλύματα η ισόθερμη προσρόφησης του Freundlich μπορεί να γραφτεί ως:

$$q = K_F \cdot C^n$$

όπου  $q = \text{mg/g}$  του προσροφούμενου υλικού,  $C = \text{mg/L}$  της προσροφούμενης ουσίας και  $n, K_F$  είναι σταθερές. Η εξίσωση (1) περιγράφει τις συνθήκες ισορροπίας.

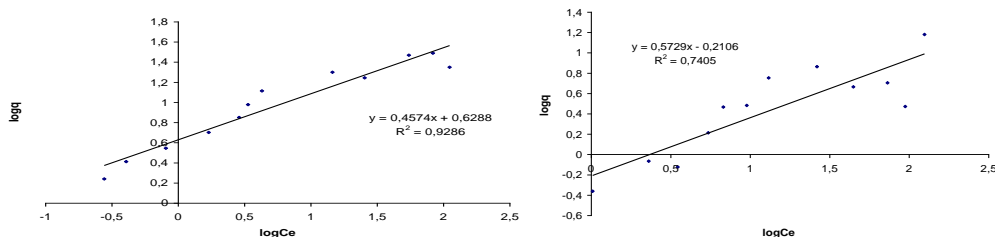
$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

Η ισόθερμη προσρόφησης του Langmuir (1916) μπορεί να γραφτεί ως:

$$\frac{1}{q} = \left( \frac{1}{q_m} \right) + \left( \frac{1}{K_L \cdot q_m} \right) \cdot \left( \frac{1}{C_e} \right)$$

όπου  $K_L$  η σταθερά Langmuir που σχετίζεται με την ενέργεια προσρόφησης (L/mg) και  $q_m$  η ποσότητα της χρωστικής που απορροφάται (mg/g) όταν αποκαθίσταται ισορροπία. Περιγράφοντας την πειραματική αλληλουχία που ακολουθήθηκε έχουμε τα εξής: Τοποθετούμε στις 12 φιάλες την προκαθορισμένη ποσότητα  $\text{H}_2\text{O}$  και Methylene blue (έτσι όπως φαίνονται οι αναλογίες στα υλικά). Αφού γεμίσουμε 1 δοκιμαστικό σωλήνα, παίρνουμε 10 ml από την κάθε φιάλη, γεμίζουμε και τοποθετούμε κυβέτες στο «καρουσέλ» (η πρώτη κυβέτα γεμίζεται με νερό απιονισμένο), για τις 6 πρώτες φιάλες κάνουμε αραιώση 5 : 100 κ γεμίζουμε 3 κυβέτες, για τις άλλες 6 φιάλες δεν κάνουμε αραιώση κ γεμίζουμε 2 κυβέτες. Μετράμε την ABS (απορρόφηση) σε κάθε δείγμα με το φασματοφωτόμετρο UV/VIS για μήκος κύματος  $\lambda = 664 \text{ nm}$  για το Methylene blue (βλέπε παράρτημα για τις άλλες χρωστικές) και αποθηκεύουμε τις τιμές στον Η/Υ. Ρίχνουμε 0,5 gr πριονίδι σε κάθε φιάλη, και αναδεύουμε. Μετά από 7 μέρες παίρνουμε δείγμα 10 ml από κάθε διάλυμα με σιρόνι, τα αποθηκεύουμε σε δοκιμαστικούς σωλήνες και τα βάζουμε στη φυγόκεντρο για 5 λεπτά για να απομακρύνουμε το πριονίδι. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3. Αποθηκεύουμε όλα τα αποτελέσματα στον Η/Υ.

### Πειραματικά Αποτελέσματα για προσρόφηση με πριονίδι 'spruce' αποκατέργαστο και στάχτη ελιάς αντίστοιχα.



### Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα διαγράμματα των πειραμάτων επιβεβαιώνεται η ισχύς της εξίσωσης του Freundlich για αραιά διαλύματα με μικρές συγκεντρώσεις. Παράλληλα, από τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των αραιών διαλυμάτων, που παρατίθενται παραπάνω, παρατηρούμε: Για το γράφημα που αφορά τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε παρατηρούμε ότι η capacity KF έχει μεγαλύτερη τιμή για τον αλεσμένο φελλό ενώ τη μικρότερη για στάχτη ελιάς. Επίσης, για το γράφημα που αφορά τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε παρατηρούμε το  $n$  της ισόθερμης Freundlich έχει μέγιστο για στάχτη ελιάς, ενώ ελάχιστο έχει για δυο υλικά άχυρο φακής και φελλό αλεσμένο.

